

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 08 446 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 L 33/00 B3

(S)

⑳ Aktenzeichen: 198 08 446.3
㉔ Anmeldetag: 27. 2. 98
㉕ Offenlegungstag: 10. 9. 98

DE 198 08 446 A 1

③0 Unionspriorität:
9-46337 28. 02. 97 JP

㉚ Anmelder:
Sharp K.K., Osaka, JP

㉛ Vertreter:
Patentanwälte MÜLLER & HOFFMANN, 81667
München

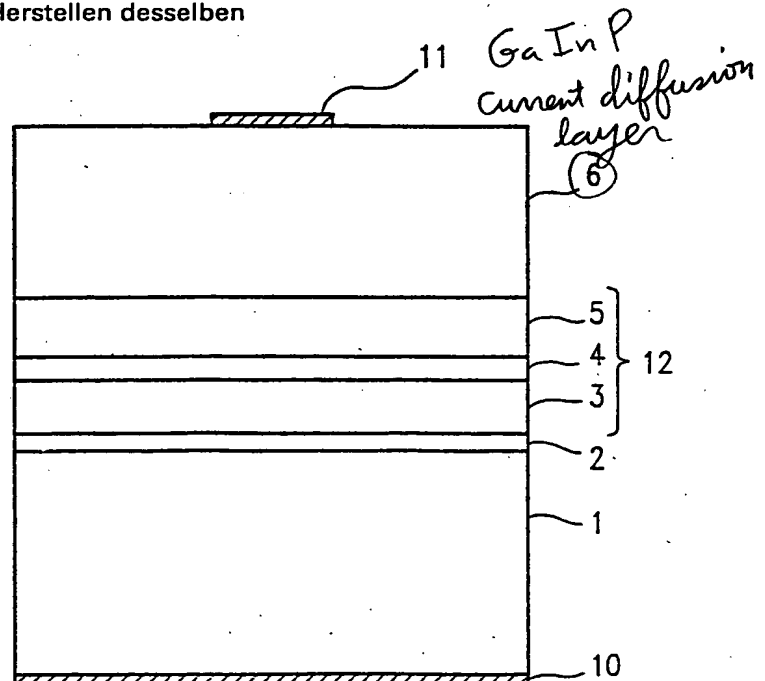
㉚ Erfinder:
Hosoba, Hiroyuki, Soraku, Kyoto, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Halbleiter-Lichtemissionselement und Verfahren zum Herstellen desselben

⑤7 Das erfindungsgemäße Halbleiter-Lichtemissionselement umfaßt ein Substrat (1), eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) mit wenigstens einer ersten Überzugsschicht (3) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht (4) und einer zweiten Überzugsschicht (5) eines zweiten Leitfähigkeitstyps, die in dieser Reihenfolge auf dem Substrat (1) gebildet sind. Außerdem ist eine Stromdiffusionsschicht (6) aus einem $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ ($0 < x < 1$) enthaltenden Material des zweiten Leitfähigkeitstyps auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) angeordnet.



DE 198 08 446 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Halbleiter-Lichtemissionselement, wie beispielsweise eine Leuchtdiode, und ein Verfahren zum Herstellen desselben.

Gewöhnlich wird ein Halbleiter-Lichtemissionselement, das aus AlGaInP-Halbleitermaterial hergestellt ist, als ein Emissionselement für sichtbares Licht aus verschiedenen Gründen eingesetzt. Das heißt, das AlGaInP-Material hat vorteilhafte Eigenschaften, indem es mit einem GaAs-Substrat gitteranpaßbar ist und einen großen Bandabstand bei einem Direktübergang unter den III-V-Gruppe-Verbindungshalbleitern und dergleichen aufweist. Insbesondere kann bei einer Leuchtdiode (LED), die Licht in dem direkten Übergang in dem Bereich von 550 bis 690 nm emittiert, eine hohe Emissionswirksamkeit erhalten werden.

Jedoch weist ein herkömmliches Halbleiter-Lichtemissionselement eines Oberflächenemissionstyps, das aus AlGaInP-Material hergestellt ist, ein Problem hinsichtlich der Lichtausgangswirksamkeit auf. Dieses Problem wird mittels einer in Fig. 12 als ein Beispiel gezeigten herkömmlichen LED beschrieben.

Die in Fig. 12 gezeigte herkömmliche LED umfaßt eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1212 aus einer ersten Überzugsschicht 123 aus n-Typ-AlGaInP, einer GaInP-Aktivschicht 124 und einer zweiten Überzugsschicht 125 aus p-Typ-AlGaInP, gebildet auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 121. Eine p-Seitenelektrode 1211 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Überzugsschicht 125 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 1210 ist auf der Rückfläche des n-Typ-Substrates 121 gebildet.

Licht, das in der GaInP-Aktivschicht 124 erzeugt ist, die einen Lichtemissionsteil der LED bildet, wird über den Teil der Oberfläche der p-Typ-Überzugsschicht 125 abgegeben, wo die p-Seitenelektrode 1211 nicht gebildet ist. Um die Emissionswirksamkeit dieser LED zu steigern, muß ein von der p-Seitenelektrode 1211 fließender Strom durch die GaInP-Aktivschicht 124 streuen. Da jedoch tatsächlich der spezifische Widerstand der p-Typ-AlGaInP-Überzugsschicht 125 groß ist, streut der Strom lediglich in einem kleinen Bereich der p-Typ-Überzugsschicht 125, und somit emittiert lediglich der Teil der GaInP-Aktivschicht 124, der direkt unter der p-Seitenelektrode 1211 gelegen ist, Licht. Als ein Ergebnis ist in der in Fig. 12 gezeigten herkömmlichen LED die Lichtausgangswirksamkeit über die obere Oberfläche der LED extrem niedrig.

Zum Überwindung des obigen Problems schlägt die US 5 008 718 ein Halbleiter-Lichtemissionselement vor, bei dem eine GaP-Stromdiffusionsschicht vorgesehen ist, um ein Streuen des Stromes in einem weiteren Bereich zu erlauben. Das in dieser Publikation vorgeschlagene Halbleiter-Lichtemissionselement wird anhand der Fig. 13 näher beschrieben.

Dieses Halbleiter-Lichtemissionselement ist eine LED, die eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1312 aus einer ersten Überzugsschicht 133 aus n-Typ-AlGaInP, einer GaInP-Aktivschicht 134 und einer zweiten Überzugsschicht 135 aus p-Typ-AlGaInP, gebildet auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 131, umfaßt. Die p-Typ-GaP-Stromdiffusionsschicht 136 ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1312 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 1311 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-GaP-Stromdiffusionsschicht 136 angeordnet, und eine n-Seitenelektrode 1310 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 131 vorgesehen.

In einem derartigen Halbleiter-Lichtemissionselement ist der spezifische Widerstand der p-Typ-GaP-Stromdiffusionsschicht 136 kleiner als derjenige der zweiten Überzugsschicht 135 aus dem p-Typ-AlGaInP, und somit kann ein

Strom in die p-Typ-Stromdiffusionsschicht streuen. Eine Lichtemission wird daher in einem weiteren Bereich der GaInP-Aktivschicht 134 erhalten, was die Emissionswirksamkeit steigert. Darüber hinaus ist der Bandabstand der p-Typ-GaP-Stromdiffusionsschicht 136 größer als derjenige der zweiten Überzugsschicht 135 aus p-Typ-AlGaInP. Wenn demgemäß in der Aktivschicht 134 erzeugtes Licht von der Seite der p-Seitenelektrode 1311 auszugeben ist, verläuft das emittierte Licht durch die p-Typ-Stromdiffusionsschicht 136, ohne absorbiert zu werden. Dies steigert weiter die Emissionswirksamkeit.

Jedoch verursacht die Verwendung von GaP für die Stromdiffusionsschicht in dem in der Fig. 13 gezeigten herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselement die folgenden Probleme.

Das erste Problem liegt darin, daß die GaP-Schicht nicht in der Lage ist, eine gute Kristallinität zu liefern. Da sich Ga-Atome stark mit P-Atomen in dem GaP-Kristall binden, diffundieren (wandern) die Ga-Atome geringfügig auf der Wachstumsoberfläche des Kristalles, was zu einem inselartigen Wachstum und nicht einem guten schichtartigen Wachstum des Kristalles führt. Dies begünstigt die Erzeugung von Kristalldefekten, was die Kristallinität der GaP-Schicht vermindert und somit deren spezifischen Widerstand erhöht. Als ein Ergebnis nehmen die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des sich ergebenden Halbleiter-Lichtemissionselementes ab.

Das zweite Problem liegt darin, daß die Gitterkonstante der GaP-Schicht merklich von derjenigen des GaAs-Substrates und der AlGaInP-Halbleiterschichten verschieden ist, welche mit dem GaAs-Substrat gitterangepaßt sind. Während die Gitterkonstante von GaAs den Wert 5,65 Å hat, ist diejenige von GaP durch 5,45 Å gegeben, was eine Gitterfehlانpassung von -3,54% hervorruft. Diese Gitterfehlانpassung führt zu dem oben beschriebenen ersten Problem. Das heißt, es werden Kristalldefekte in dem GaP-Kristall erzeugt, und somit ist die Kristallinität vermindert. Als ein Ergebnis nehmen hinsichtlich des ersten Problemes die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des sich ergebenden Halbleiter-Lichtemissionselementes ab.

Das dritte Problem liegt darin, daß die Gitterfehlانpassung von GaP mit GaAs, die oben als das zweite Problem erwähnt ist, nachteilhaft den Lichtemissionsteil beeinträchtigt. Da Versetzungen aufgrund der Gitterfehlانpassung von -3,54% auftreten, werden Kristalldefekte in der Aktivschicht als dem Lichtemissionsteil, den Überzugsschichten und dergleichen erzeugt. Dies bewirkt die Erzeugung von Rekombinationszentren ohne Emission. Als ein Ergebnis nehmen die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des sich ergebenden Halbleiter-Lichtemissionselementes merklich ab.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Halbleiter-Lichtemissionselement zu schaffen, das die obigen Schwierigkeiten auf einfache Weise überwindet; außerdem soll ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Halbleiter-Lichtemissionselementes angegeben werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Halbleiter-Lichtemissionselement mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 bzw. 4 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 15 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement eines bevorzugten Ausführungsbeispiels umfaßt: ein Substrat, eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur mit wenigstens einer ersten Überzugsschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht und einer zweiten Überzugsschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet in dieser Reihenfolge auf dem Substrat,

und eine Stromdiffusionsschicht, die aus einem Material einschließlich $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ ($0 < x < 1$) des zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur, hergestellt ist.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung liegt der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht in dem Bereich von $0 < x < 0,49$.

In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung liegt der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,27$.

Alternativ umfaßt das Halbleiter-Lichtemissionselement der vorliegenden Erfindung: ein Substrat, eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur aus wenigstens einer ersten Überzugsschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht und einer zweiten Überzugsschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet in dieser Reihenfolge auf dem Substrat, und eine Stromdiffusionsschicht, hergestellt aus einem Material einschließlich $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ ($0 < x < 1$) des zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur, wobei sich der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht in der Dickenrichtung verändert.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung liegen die veränderten In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,49$.

In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung liegen die veränderten In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,27$.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Aktivschicht aus $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{zIn}_{1-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$), $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})\text{zAs}$ ($0 \leq p \leq 1$) oder $\text{In}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ ($0 \leq q \leq 1$) hergestellt.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind ein Paar von Elektroden gebildet, wobei das Substrat, die Halbleiter-Mehrschichtstruktur und die Stromdiffusionsschicht dazwischen gelegen sind, und eine Stromsperrschicht ist vorgesehen, um einer der Elektroden gegenüberzuliegen, die auf der Seite der Stromdiffusionsschicht ist, wobei die Stromdiffusionsschicht zwischen der einen der Elektroden und der Stromsperrschicht angeordnet ist.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Elektrode auf der Seite der Stromdiffusionsschicht auf einem Mittenteil der Stromdiffusionsschicht gebildet, um Licht über einen Randteil der Stromdiffusionsschicht auszugeben.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Elektrode auf der Seite der Stromdiffusionsschicht auf einem Randteil der Stromdiffusionsschicht gebildet, die einen Mittenteil hiervon umgibt, um Licht über den Mittenteil der Stromdiffusionsschicht auszugeben.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Stromsperrschicht aus einem Material einschließlich $\text{Ga}_{1-a}\text{In}_a\text{P}$ ($0 < a < 1$) hergestellt.

Gemäß noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Stromsperrschicht aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter hergestellt.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Stromsperrschicht aus $\text{AlbGa}_{1-b}\text{As}$ ($0 \leq b \leq 1$) oder $(\text{AlcGa}_{1-c})\text{dIn}_{1-d}\text{P}$ ($0 \leq c \leq 1$, $0 \leq d \leq 1$) hergestellt.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes vorgesehen. Das Halbleiter-Lichtemissionselement umfaßt: ein Substrat, eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur mit wenigstens einer ersten Überzugsschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer aktiven Schicht und einer zweiten Überzugsschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet in dieser Reihenfolge auf dem Substrat, eine Stromsperrschicht des ersten Leitfähigkeitstyps, gebildet auf einem Teil

der Halbleiter-Mehrschichtstruktur, eine Stromdiffusionsschicht aus einem Material einschließlich $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ ($0 < x < 1$) des zweiten Leitfähigkeitstyps, gebildet auf der die Stromsperrschicht bedeckenden Halbleiter-Mehrschichtstruktur, und zwei Elektroden, von denen eine auf der Stromdiffusionsschicht gebildet ist, um der Stromsperrschicht über die Stromdiffusionsschicht gegenüberzuliegen, und von denen die andere auf einer Oberfläche des Substrates vorgesehen ist. Das Verfahren umfaßt die folgenden Schritte: Bilden der Halbleiter-Mehrschichtstruktur auf dem Substrat und Erzeugen einer Schutzschicht aus einem Material, das kein Al enthält, und einer Schicht zum Erzeugen der Stromsperrschicht, hergestellt aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter, auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur und Bilden der Stromsperrschicht auf einem Teil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur durch selektives Ätzen der Schicht zum Erzeugen der Stromsperrschicht.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Schritt des Ätzens der Schicht zum Bilden der Stromsperrschicht so durchgeführt, daß die Stromsperrschicht auf einem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur erzeugt wird.

In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Schritt des Ätzens der Schicht zum Bilden der Stromsperrschicht so durchgeführt, daß die Stromsperrschicht auf einem Randteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet wird, die den Mittenteil hiervon umgibt.

In noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird eine $\text{AlbGa}_{1-b}\text{As}$ -Schicht ($0 \leq b \leq 1$) oder eine $(\text{AlcGa}_{1-c})\text{dIn}_{1-d}\text{P}$ -Schicht ($0 \leq c \leq 1$, $0 \leq d \leq 1$) als die Stromsperrschicht verwendet.

Somit ermöglicht die hier beschriebene Erfindung die Vorteile von (1) Vorsehen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes, das stark die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des Elements steigern kann, und (2) Vorsehen eines Verfahrens zum Herstellen eines solchen Halbleiter-Lichtemissionselementes.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 einen Graph, der die Beziehung zwischen dem In-Molenbruch x von $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ und der Gitterfehlpassung mit GaAs veranschaulicht,

Fig. 3 einen Graph, der die Beziehung zwischen dem In-Molenbruch x von $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ und dem Bandabstand E_g veranschaulicht,

Fig. 4 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 2 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 5 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 3 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 6 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 4 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 7 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 5 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 8 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 6 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 9 eine Schnittdarstellung eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 7 gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 10A bis 10C Schnittdarstellungen, die einen Herstellprozeß eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von

Beispiel 8 gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 11A bis 11C Schnittdarstellungen, die einen Herstellungsprozeß eines Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 9 gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 12 eine Schnittdarstellung eines herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselementes, und

Fig. 13 eine Schnittdarstellung eines anderen herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselementes.

Zunächst wird die Funktion der vorliegenden Erfindung näher erläutert.

Gemäß der vorliegenden Erfindung streut ein Strom in einer auf einer Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildeten $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -Stromdiffusionsschicht ($0 < x < 1$), so daß Licht in einem weiteren Bereich einer Aktivschicht erzeugt wird. Die GaInP -Stromdiffusionsschicht umfaßt In-Atome mit einem Radius, der größer als der der P-Atome ist. Derart große In-Atome blockieren leicht eine Bewegung der P-Atome während des Kristallwachstums von GaInP , und somit wird eine leichte Erzeugung von Kristalldefekten verhindert. Darüber hinaus ist die Gitterfehlانpassung von GaInP mit einem GaAs -Substrat und einer auf dem GaAs -Substrat gebildeten Halbleiterschicht klein im Vergleich mit derjenigen von GaP . Dies verhindert eine leichte Erzeugung von Kristalldefekten nicht nur in der Stromdiffusionsschicht selbst, sondern auch in der Aktivschicht als dem Lichtemissionsteil, den Überzugsschichten und dergleichen.

Wenn der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht $0 < x < 0,49$ beträgt, kann von der GaInP - oder AlGaInP -Aktivschicht emittiertes Licht durch die Stromdiffusionsschicht verlaufen, ohne absorbiert zu werden. Darüber hinaus kann die Erzeugung von Kristalldefekten aufgrund der Gitterfehlانpassung mit dem GaAs -Substrat und der auf dem GaAs -Substrat gebildeten Halbleiterschicht reduziert werden.

Wenn der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht $0 < x < 0,27$ beträgt, ist der Bandabstand der Stromdiffusionsschicht im wesentlichen der gleiche wie derjenige von GaP . Demgemäß wird von der Aktivschicht emittiertes Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht absorbiert. Die Stromdiffusionsschicht verschlechtert sich daher nicht aufgrund einer Lichtabsorption.

Durch graduelles Verändern des In-Molenbruches x der Stromdiffusionsschicht in der Dickenrichtung wird eine Gitterverzerrung graduell entlastet. Auf diese Weise kann die Gitterverzerrung reduziert werden.

Wenn das graduelle Verändern der In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht $0 < x < 0,49$ beträgt, kann von der GaInP - oder AlGaInP -Aktivschicht emittiertes Licht durch die Stromdiffusionsschicht verlaufen, ohne absorbiert zu werden. Darüber hinaus kann die Erzeugung von Kristalldefekten aufgrund der Gitterfehlانpassung mit dem GaAs -Substrat und der auf dem GaAs -Substrat gebildeten Halbleiterschicht reduziert werden.

Wenn die graduell veränderten In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht $0 < x < 0,27$ betragen, ist der Bandabstand der Stromdiffusionsschicht im wesentlichen der gleiche wie derjenige von GaP . Demgemäß wird von der Aktivschicht emittiertes Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht absorbiert. Die Stromdiffusionsschicht wird daher aufgrund der Lichtabsorption nicht verschlechtert.

Für die Aktivschicht können Verbindungshalbleiter, beispielsweise $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{zIn}_{1-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$), $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$ ($0 \leq p \leq 1$) und $\text{In}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ ($0 \leq q \leq 1$) verwendet werden. Durch Verwenden dieser Materialien kann der Lichtemissionsteil mit einer verringerten Anzahl von Kristalldefekten erhalten werden.

Eine Stromsperrschicht kann gebildet werden, um einer Elektrode gegenüberzuliegen, die auf der Stromdiffusionsschicht als eine Elektrode des Paares von Elektroden gebildet ist, die angeordnet sind, um das Substrat, die Halbleiter-Mehrschichtstruktur und die Stromdiffusionsschicht einzuschließen, wobei die Stromdiffusionsschicht zwischen der Stromsperrschicht und der Elektrode gelegen ist. Bei dieser Anordnung fließt ein Strom zu dem Teil der Stromdiffusionsschicht, wo die Stromdiffusionsschicht nicht darunter gebildet ist. Da somit ein Strom wirksam zu dem gewünschten Bereich der Aktivschicht geleitet ist, ist die Emissionswirksamkeit in dem Bereich erhöht. Da keine Elektrode über dem Bereich gebildet ist, wo Licht emittiert wird, ist die Lichtausgabewirksamkeit über den Teil der Stromdiffusionsschicht, auf dem keine Elektrode gebildet ist, gesteigert.

Wenn beispielsweise die Elektrode auf dem Mittenteil der Stromdiffusionsschicht gebildet wird und die Stromsperrschicht gestaltet ist, um der Elektrode über die Stromdiffusionsschicht gegenüberzuliegen, wird ein Strom zu dem Randteil der Aktivschicht geleitet, was die Emissionswirksamkeit in dem Randteil steigert und somit die Lichtausgabewirksamkeit über den Randteil der Stromdiffusionsschicht, auf dem keine Elektrode gebildet ist, erhöht.

Wenn alternativ die Elektrode auf dem Randteil der Stromdiffusionsschicht, der den Mittenteil hiervon umgibt, gebildet ist und die Stromsperrschicht vorgesehen ist, um der Elektrode über die Stromdiffusionsschicht gegenüberzuliegen, wird ein Strom zu dem Mittenteil der Aktivschicht geleitet, was die Emissionswirksamkeit in dem Mittenteil erhöht und somit die Lichtausgabewirksamkeit über den Mittenteil der Stromdiffusionsschicht, auf dem keine Elektrode gebildet ist, steigert.

Wenn die Stromsperrschicht aus $\text{Ga}_{1-a}\text{In}_a\text{P}$ ($0 < a < 1$) hergestellt ist, nimmt die Gitterfehlانpassung der Stromsperrschicht mit dem GaAs -Substrat und der auf dem GaAs -Substrat gebildeten Halbleiterschicht ab, um so die Erzeugung von Kristalldefekten zu reduzieren.

Alternativ kann die Stromsperrschicht aus einem Verbindungshalbleiter, der Al enthält, hergestellt sein, wie beispielsweise aus $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{As}$ ($0 \leq b \leq 1$) und $(\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c})\text{dIn}_{1-d}\text{P}$ ($0 \leq c \leq 1$, $0 \leq d \leq 1$), und eine derartige Stromsperrschicht kann auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur über eine Schutzschicht gebildet sein, die aus einem Material hergestellt ist, das nicht Al enthält.

Dies ermöglicht es, die Stromsperrschicht an einer gewünschten Stelle durch selektives Ätzen der Schutzschicht und der Stromsperrschicht zu bilden.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Beispiel 1

In Beispiel 1 wird ein AlGaInP -Halbleiter-Lichtemissionselement beschrieben, das eine $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -Stromdiffusionsschicht ($0 < x < 1$) enthält. Fig. 1 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 1.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement ist eine LED, die eine n-Typ- GaAs -Pufferschicht 2 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) enthält, gebildet auf einem n-Typ- GaAs -Substrat 1. Auf der Pufferschicht 2 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 12 aus einer n-Typ- $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{zIn}_{1-z}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 3 (beispielsweise $y = 0,5$, $z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$), einer $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{zIn}_{1-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 4

(beispielsweise $y = 0$, $z = 0,5$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) und einer p-Typ-(AlyGal-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 5 (beispielsweise $y = 0,5$, $z = 0,5$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$) gebildet. Eine p-Typ-Gal-xInnP ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 6 (beispielsweise $x = 0,40$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $5,0 \mu\text{m}$) ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 12 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 11 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 6 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 10 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 1 gebildet.

Da das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Gal-xInnP ($x = 0,40$) Stromdiffusionsschicht 6 umfaßt, kann die Gitterverzerrung reduziert werden, wie dies unten anhand der Fig. 2 beschrieben ist.

Fig. 2 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem In-Molenbruch x von Gal-xInnP und der Gitterfehlانpassung von Gal-xInnP bezüglich GaAs veranschaulicht. Wie aus der Fig. 2 zu ersehen ist, ist die Gitterkonstante von Gal-xInnP an diejenige von GaAs angepaßt, d. h., die Gitterfehlانpassung dazwischen beträgt 0, wenn der In-Molenbruch x etwa $0,49$ mißt. Die Gitterfehlانpassung der Gal-xInnP-Stromdiffusionsschicht 6 mit GaAs beträgt in diesem Beispiel ($x = 0,40$) etwa $-0,6\%$. Somit ist in diesem Beispiel die Gitterverzerrung um etwa 83% im Vergleich mit dem in Fig. 13 gezeigten herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselement reduziert, in welchem die Gitterfehlانpassung der GaP-Stromdiffusionsschicht mit GaAs etwa $-3,54\%$ beträgt.

In dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist die Stromdiffusionsschicht 6 aus Gal-xInnP ($x = 0,40$) hergestellt, während die Aktivschicht 4 aus (AlyGal-y)zIn1-zP ($y = 0$, $z = 0,5$) hergestellt ist. Bei dieser Anordnung wird in der Aktivschicht 4 erzeugtes Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht 6 absorbiert. Dies wird im folgenden anhand der Fig. 3 beschrieben.

Fig. 3 ist ein Graph, der den In-Molenbruch x von Gal-xInnP und den Bandabstand E_g von Gal-xInnP veranschaulicht. Wie aus der Fig. 3 zu ersehen ist, ist, wenn der In-Molenbruch x von Gal-xInnP durch $0 < x < 0,27$ gegeben ist, der X-Übergang, der ein indirekter Übergang ist, freigelegt. Daher wird der im wesentlichen gleiche Bandabstand wie derjenige von GaP, d. h. $E_g = 2,27 \text{ eV}$, erhalten. Wenn der In-Molenbruch x von Gal-xInnP durch $0,27 < x < 1$ gegeben ist, wird ein F-Übergang, der ein direkter Übergang ist, freigelegt. Daher ist der Bandabstand kleiner als derjenige von GaP. In diesem Beispiel beträgt der Bandabstand E_g der Gal-xInnP ($x = 0,40$) Stromdiffusionsschicht 6 etwa $2,0 \text{ eV}$, was größer als der Bandabstand der Aktivschicht 4, d. h. $E_g = 1,9 \text{ eV}$, ist. Somit kann das in der Aktivschicht 4 erzeugte Licht über die Oberseite des Halbleiter-Lichtemissionselementes ausgegeben werden, ohne durch die Stromdiffusionsschicht 6 absorbiert zu werden.

Damit kann in dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Anzahl der Kristalldefekte in der Stromdiffusionsschicht 6 reduziert werden, und die Anzahl der aufgrund einer Versetzung in der Aktivschicht 4 als dem Lichtemissionsteil erzeugten Defekte und dergleichen kann merklich verringert werden. Dies steigert stark die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des Elementes. Da darüber hinaus das in der Aktivschicht 4 erzeugte Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht 6 absorbiert wird, nimmt die Emissionswirksamkeit nicht ab, und auch die Kennlinien oder Eigenschaften des Halbleiter-Lichtemissionselementes aufgrund einer Lichtabsorption werden nicht verschlechtert. Wenn tatsächlich das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Rot-LED mit einer Wellenlänge von 650 nm ist, wird die Emissionswirksamkeit um etwa 20% im

Vergleich mit einem herkömmlichen Element gesteigert, und die Zuverlässigkeit wird erhöht, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leuchtstärke auf eine Hälfte unter einer Ansteuerung von 20 mA bei 60°C reduziert, auf etwa das 1,5-fache vergrößert ist.

In diesem Beispiel können die Molenbrüche y und z von dem die n-Typ-Überzugsschicht bildenden (AlyGal-y)zIn1-zP, der Aktivschicht und der p-Typ-Überzugsschicht geeignet geändert werden. Dies gilt auch für die folgenden Beispiele. Das erfindungsgemäße Halbleiter-Lichtemissionselement ist nicht auf die in diesem Beispiel beschriebenen LEDs beschränkt, sondern kann auch, wie in den folgenden Beispielen beschrieben werden wird, auf eine beliebige andere Form angewandt werden, solange es ein Oberflächenemissionstyp-Halbleiter-Lichtemissionselement ist, das ein Verbindungshalbleitermaterial verwendet, das eine Gitteranpassung mit dem GaAs-Substrat hat.

Beispiel 2

In einem Halbleiter-Lichtemissionselement von Beispiel 2 ist der In-Molenbruch x der Gal-xInnP-Stromdiffusionsschicht verschieden von demjenigen in Beispiel 1. Fig. 4 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 2.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement von diesem Beispiel ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 22 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 21 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 22 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 212 aus einer n-Typ-(AlyGal-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 23 (beispielsweise $y = 1,0$, $z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$), einer (AlyGal-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 24 (beispielsweise $y = 0,45$, $z = 0,5$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) und einer p-Typ-(AlyGal-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 25 (beispielsweise $y = 1,0$, $z = 0,5$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$) gebildet. Eine p-Typ-Gal-xInnP ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 26 (beispielsweise $x = 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $5,0 \mu\text{m}$) ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 212 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 211 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 26 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 210 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 21 gebildet.

Da das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Gal-xInnP ($x = 0,2$) Stromdiffusionsschicht 26 umfaßt, beträgt die Gitterfehlانpassung etwa $-2,1\%$, wie dies aus der Fig. 2 zu ersehen ist. Dies bedeutet, daß die Gitterverzerrung von diesem Beispiel um etwa 40% im Vergleich mit dem Fall des in Fig. 13 gezeigten herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselementes reduziert ist, bei welchem die Gitterfehlانpassung der GaP-Stromdiffusionsschicht mit GaAs etwa $-3,54\%$ beträgt.

Obwohl der Effekt der Reduzierung der Gitterverzerrung in diesem Beispiel kleiner als derjenige ist, der in Beispiel 1 erhalten wird, kann in diesem Beispiel der Bandabstand der Stromdiffusionsschicht größer gemacht werden als in Beispiel 1. Wie aus der Fig. 3 zu beobachten ist, ist der Bandabstand E_g der Gal-xInnP ($x = 0,2$) Stromdiffusionsschicht 26 im wesentlichen der gleiche wie derjenige von GaP, d. h. $2,27 \text{ eV}$, was größer als der Bandabstand E_g der Aktivschicht 24, d. h. $2,18 \text{ eV}$, ist. Demgemäß wird in der Aktivschicht 24 erzeugtes grünes Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht 26 absorbiert, sondern über die Oberseite des Halbleiter-Lichtemissionselementes ausgegeben.

Somit kann in dem Halbleiter-Lichtemissionselement von

diesem Beispiel die Erzeugung von Kristalldefekten in der Stromdiffusionsschicht 26 reduziert werden. Diese steigert stark die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des Elementes. Da darüber hinaus grünes Licht, das in der Aktivschicht 24 erzeugt ist, in der Stromdiffusionsschicht 26 nicht absorbiert wird, nimmt die Emissionswirksamkeit nicht ab, und auch die Eigenschaften des Halbleiter-Lichtemissionselementes verschlechtern sich nicht aufgrund einer Lichtabsorption. Wenn tatsächlich das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Grün-LED mit einer Wellenlänge von 550 nm ist, ist die Emissionswirksamkeit um etwa 30% im Vergleich mit einem herkömmlichen Element verbessert, und die Zuverlässigkeit ist gesteigert, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leuchtstärke auf eine Hälfte unter einer Ansteuerung von 20 mA bei 60°C verringert, um etwa das Zweifache erhöht ist.

Beispiel 3

In einem Halbleiter-Lichtemissionselement von Beispiel 3 ist der In-Molenbruch x der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -Stromdiffusionsschicht verschieden von denjenigen in den Beispielen 1 und 2. Fig. 5 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 3.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement von diesem Beispiel ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 32 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 0,5 μm) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 21 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 32 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 312 aus einer n-Typ-(Aly-Gal-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 33 (beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 μm), einer (Aly-Gal-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 34 (beispielsweise $y = 0,30, z = 0,5$, Dicke: etwa 0,5 μm) und einer p-Typ-(AlyGal-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 35 (beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 μm) gebildet. Eine p-Typ-Gal-xInP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 36 (beispielsweise $x = 0,01$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 5,0 μm) ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 312 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 311 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 36 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 310 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 31 gebildet.

Da das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ - ($x = 0,01$) Stromdiffusionsschicht 36 umfaßt, ist, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, die Gitterfehlpassung leicht bezüglich des Falles des herkömmlichen Halbleiter-Lichtemissionselementes reduziert, das in Fig. 13 gezeigt ist, und in welchem die Gitterfehlpassung der GaP-Stromdiffusionsschicht mit GaAs etwa -3,54% beträgt. In diesem Beispiel dient jedoch die Verwendung der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ - ($x = 0,01$) Stromdiffusionsschicht 36 zur Steigerung der Kristallinität im Vergleich mit der Verwendung der GaP-Schicht aus dem weiter unten beschriebenen Grund.

Da in der GaP-Schicht Ga-Atome stark mit P-Atomen in dem GaP-Kristall gebunden sind, diffundieren (wandern) die Ga-Atome lediglich geringfügig auf der Wachstumsoberfläche des Kristalles, was zu einem inselartigen Wachstum und nicht gut schichtartigem Wachstum des Kristalles führt. Dies neigt zum Erzeugen von Kristalldefekten. Dagegen ist in der GaInP -Schicht, die In-Atome enthält, die Erzeugung der Kristalldefekte merklich reduziert, selbst wenn die Menge der In-Atome klein ist. Dies beruht darauf, daß In-Atome eine schwache Bindungsenergie mit P-Atomen haben, das es den In-Atomen erlaubt, auf der Wachstumsoberfläche des Kristalles zu diffundieren (zu wandern). Mit

dieser Diffusion der In-Atome neigen auch die Ga-Atome zu einem Diffundieren. Dies schafft ein gutes schichtartiges Wachstum des Kristalles, verringert die Erzeugung von Kristalldefekten und liefert so eine gute Kristallinität.

In dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist, wie aus der Fig. 3 zu ersehen ist, der Bandabstand E_g der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ - ($x = 0,01$) Stromdiffusionsschicht 36 im wesentlichen der gleiche wie derjenige von GaP, d. h. 2,27 eV, was größer als der Bandabstand der (Aly-Gal-y)zIn1-zP- ($y = 0,30, z = 0,5$) Aktivschicht 34 ist. Demgemäß wird gelbes Licht, das in der Aktivschicht 34 erzeugt ist, nicht in der Stromdiffusionsschicht 36 absorbiert, sondern über die Oberseite des Halbleiter-Lichtemissionselementes ausgegeben.

Somit kann in dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Erzeugung von Kristalldefekten in der Stromdiffusionsschicht 36 reduziert werden. Dies steigert stark die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des Elementes. Da darüber hinaus in der Aktivschicht 34 erzeugtes gelbes Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht 36 absorbiert wird, nimmt die Emissionswirksamkeit nicht ab, und auch die Eigenschaften des Halbleiter-Lichtemissionselementes verschlechtern sich nicht aufgrund einer Lichtabsorption. Wenn tatsächlich das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Gelb-LED mit einer Wellenlänge von 590 nm ist, wird die Emissionswirksamkeit um etwa 20% gesteigert, und die Zuverlässigkeit ist erhöht, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leuchtstärke auf eine Hälfte unter der Ansteuerung von 20 mA bei 60°C reduziert, auf etwa das 1,5-fache erhöht ist.

Beispiel 4

In einem Halbleiter-Lichtemissionselement von Beispiel 4 wird der In-Molenbruch x der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -Stromdiffusionsschicht graduell in der Dickenrichtung verändert, und $\text{In}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$) wird als Aktivschicht verwendet. Fig. 6 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 4.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement von diesem Beispiel ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 62 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 0,5 μm) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 61 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 62 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 612 aus einer n-Typ-(Aly-Gal-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 63 (beispielsweise $y = 0,5, z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 μm), einer $\text{In}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ - ($0 \leq q \leq 1$) Aktivschicht 64 (beispielsweise $q = 0,6$, Dicke: etwa 0,5 μm) und einer p-Typ-(AlyGal-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 65 (beispielsweise $y = 0,5, z = 0,5$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 μm) gebildet. Eine p-Typ-Gal-xInP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 66 (beispielsweise $x = 0,4 \rightarrow 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 5,0 μm) ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 612 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 611 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 66 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 610 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 61 gebildet.

In diesem Beispiel wird der In-Molenbruch x der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -Stromdiffusionsschicht 66 graduell von etwa 0,4 bis etwa 0,2 in der Dickenrichtung ausgehend von der Seite der p-Typ-Überzugschicht 65 verändert. Die Gitterverzerrung aufgrund einer Gitterfehlpassung kann daher graduell reduziert werden, so daß das Auftreten einer Gitterverzerrung in dem Lichtemissionsteil minimiert werden kann.

In dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist der Bandabstand E_g der $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ - ($x = 0,4 \rightarrow$

0,2)-Stromdiffusionsschicht 66 größer als derjenige der InqGa1-qAs-(q = 0,6)Aktivschicht 64. Daher kann in der Aktivschicht 64 erzeugtes Infrarotlicht über die Oberseite des Halbleiter-Lichtemissionselementes ausgegeben werden, ohne in der Stromdiffusionsschicht 66 absorbiert zu werden.

Somit ist in dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Gitterverzerrung verringert, und die Emissionswirksamkeit sowie die Zuverlässigkeit sind merklich verbessert. Da darüber hinaus das in der Aktivschicht 64 erzeugte Infrarotlicht nicht in der Stromdiffusionsschicht 66 absorbiert wird, nimmt die Emissionswirksamkeit nicht ab, und auch die Eigenschaften des Halbleiter-Lichtemissionselementes verschlechtern sich nicht aufgrund der Lichtabsorption. Wenn tatsächlich das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Infrarot-LED mit einer Wellenlänge von 950 nm ist, ist die Emissionswirksamkeit um etwa 30% gesteigert, und die Zuverlässigkeit ist erhöht, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leuchtstärke auf eine Hälfte unter der Ansteuerung bei 20 mA bei 60°C reduziert, auf das etwa 1,8-fache erhöht ist.

In diesem Beispiel kann der Molenbruch q von dem die Aktivschicht bildenden InqGa1-qAs in geeigneter Weise verändert werden. Eine InqGa1-qAs-(0 ≤ q ≤ 1) Schicht kann als die n-Typ- und p-Typ-Überzugsschichten verwendet werden.

Beispiel 5

Im Beispiel 5 wird ein AlGaAs-Halbleiter-Lichtemissionselement beschrieben, in welchem der In-Molenbruch x der Ga1-xInxP-Stromdiffusionsschicht graduell in der Dickenrichtung verändert wird. Fig. 7 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 5.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 72 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 0,5 µm) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 71 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 72 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 712 aus einer n-Typ-AlpGa1-pAs-(0 ≤ p < 1) Überzugsschicht 73 (beispielsweise p = 0,7, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 µm), einer AlpGa1-pAs-(0 ≤ p ≤ 1)Aktivschicht 74 (beispielsweise p = 0, Dicke: etwa 0,5 µm) und einer p-Typ-AlpGa1-pAs-(0 ≤ p ≤ 1)Überzugsschicht 75 (beispielsweise p = 0,7, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 µm) gebildet. Eine p-Typ-Ga1-xInxP-(0 < x < 1) Stromdiffusionsschicht 76 (beispielsweise x = 0,2 → 0,01, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 5,0 µm) ist auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 712 gebildet. Weiterhin ist eine p-Typ-Ga1-xInxP-(0 < x < 1)Stromdiffusionsschicht 77 (beispielsweise x = 0,01, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 2,0 µm) auf der Stromdiffusionsschicht 76 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 711 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 77 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 710 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 71 gebildet.

In diesem Beispiel wird der In-Molenbruch x der Ga1-xInxP-Stromdiffusionsschicht 76 graduell von 0,2 auf 0,01 in der Dickenrichtung ausgehend von der Seite der p-Typ-Überzugsschicht 75 verändert. Die Gitterverzerrung wird daher graduell reduziert, so daß das Auftreten einer Gitterverzerrung in dem Lichtemissionsteil minimiert ist.

In dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist der Bandabstand Eg der Ga1-xInxP-(x = 0,2 → 0,01) Stromdiffusionsschicht 76 größer als derjenige der AlpGa1-pAs-(p = 0) Aktivschicht 74. Demgemäß kann in

der Aktivschicht 74 erzeugtes Infrarotlicht über die Oberseite des Halbleiter-Lichtemissionselementes ausgegeben werden, ohne in der Stromdiffusionsschicht 76 absorbiert zu werden.

Somit ist in dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Gitterverzerrung reduziert, und die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit sind verbessert. Da darüber hinaus in der Aktivschicht 74 erzeugtes Infrarotlicht nicht in der Stromdiffusionsschicht 76 absorbiert wird, nimmt die Emissionswirksamkeit nicht ab, und auch die Eigenschaften des Halbleiter-Lichtemissionselementes verschlechtern sich nicht aufgrund einer Lichtabsorption. Wenn tatsächlich das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Infrarot-LED mit einer Wellenlänge von 850 nm ist, so ist die Emissionswirksamkeit um etwa 10% gesteigert, und die Zuverlässigkeit ist verbessert, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leuchtstärke auf eine Hälfte unter einer Ansteuerung von 20 mA bei 60°C verringert, auf etwa das 1,3-fache gesteigert ist.

In diesem Beispiel kann der Molenbruch p von dem die n-Typ-Überzugsschicht, die Aktivschicht und die p-Typ-Überzugsschicht bildenden AlpGa1-pAs in geeigneter Weise verändert werden.

Beispiel 6

In Beispiel 6 wird ein AlGaInP-Halbleiter-Lichtemissionselement beschrieben, in welchem eine Stromsperrschicht auf dem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet ist und in welchem die Ga1-xInxP-(0 < x < 1) Stromdiffusionsschicht über der Stromsperrschicht gebildet ist. Fig. 8 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 6.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 82 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 0,5 µm) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 81 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 82 ist eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 812 aus einer n-Typ-(AlyGa1-y)zIn1-zP-(0 ≤ y ≤ 1, a ≤ z ≤ 1) Überzugsschicht 83 (beispielsweise y = 1,0, z = 0,5, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 µm), einer (AlyGa1-y)zIn1-zP-(0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ z ≤ 1) Aktivschicht 84 (beispielsweise y = 0,15, z = 0,5, Dicke: etwa 0,5 µm) und einer p-Typ-(AlyGa1-y)zIn1-zP-(0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ z ≤ 1) Überzugsschicht 85 (beispielsweise y = 1,0, z = 0,5, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 1,0 µm) gebildet.

Eine n-Typ-Ga1-aInaP-(0 < a < 1) Stromsperrschicht 88 (beispielsweise a = 0,2, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 0,5 µm) ist auf dem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 812 gebildet. Eine p-Typ-Ga1-xInxP-(0 < x < 1)Stromdiffusionsschicht 86 (beispielsweise x = 0,2, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa 5,0 µm) ist über der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 812 gebildet, um dadurch die Stromsperrschicht 88 zu bedecken. Eine p-Seitenelektrode 811 ist auf dem Mittenteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 86 gegenüber zu der Stromsperrschicht 88 über der Stromdiffusionsschicht 86 gebildet, und eine n-Seitenelektrode 810 ist auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 81 gebildet.

In diesem Beispiel ist die Stromsperrschicht 88 auf dem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 812 gebildet, und die Stromdiffusionsschicht 86 ist über der Stromsperrschicht 88 gebildet. Bei dieser Anordnung streut ein von der p-Seitenelektrode 811 fließender Strom zu dem Randteil der Stromdiffusionsschicht 86. Dies steigert weiter die Lichtausgabewirksamkeit über den Randteil der Stromdiffusionsschicht 86, auf dem die p-Seitenelektrode 811 nicht gebildet

ist. Da darüber hinaus die Stromsperrschicht 88 aus n-Typ-Ga1-alnP ($0 < a < 1$) hergestellt ist, dient sie zum Verrin-
gern der Gitterverzerrung und zum Steigern der Emissions-
wirksamkeit und der Zuverlässigkeit des Elementes, ähnlich
wie die Stromdiffusionsschicht 86. Wenn tatsächlich das
Halbleiter-Lichtemissionselement eine Orange-LED mit einer
Wellenlänge von 610 nm ist, ist die Emissionswirksamkeit
um etwa 30% gesteigert, und die Zuverlässigkeit ist erhö-
ht, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leucht-
stärke auf eine Hälfte unter einer Ansteuerung von 20 mA
bei 60°C verringert, auf etwa das 2,5-fache erhöht ist.

In diesem Beispiel ist die Stromsperrschicht auf dem Mit-
tenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet, um einen
Strom daran zu hindern, zu dem Mittenteil des Licht-
emissionsteiles zu fließen. Alternativ kann die Halbleiter-
Mehrschichtstruktur in dem Mittenteil des Substrates gebil-
det werden, und die Stromsperrschicht kann gebildet wer-
den, um den Teil um die Halbleiter-Mehrschichtstruktur
herum zu vergraben. In diesem Beispiel ist die Stromsperr-
schicht leitend mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie der-
jenige des Substrates. Alternativ kann die Stromsperrschicht
aus einem isolierenden Material hergestellt sein. Dies gilt
auch für das weiter unten zu beschreibende Beispiel 8.

Beispiel 7

In Beispiel 7 wird ein AlGaInP-Halbleiter-Lichtemissi-
onselement beschrieben, bei dem eine Stromsperrschicht
auf dem Randteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebil-
det ist, die den Mittenteil hiervon umgibt, und bei dem die
Ga1-xInxP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht ist über der
Stromsperrschicht gebildet. Fig. 9 ist eine Schnittdarstel-
lung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Fig. 7.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement von diesem Bei-
spiel ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 92
(beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke:
etwa $0,5 \mu\text{m}$) umfaßt, welche auf einem n-Typ-GaAs-Sub-
strat 91 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 92 ist eine Hal-
bleiter-Mehrschichtstruktur 912 aus einer n-Typ-(Aly-
Ga1-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 93
(beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Si-Konzentration: 5×10^{17}
 cm^{-3} , Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$), einer (AlyGa1-y)zIn1-zP- ($0 \leq$
 $y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 94 (beispielsweise $y = 0,4, z$
 $= 0,5$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) und einer p-Typ-(Aly-
Ga1-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht 95
(beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Zn-Konzentration: 5×10^{17}
 cm^{-3} , Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$) gebildet.

Eine n-Typ-Ga1-alnP- ($0 < a < 1$) Stromsperrschicht 98
(beispielsweise $a = 0,2$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$,
Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) wird auf dem Randteil der Halbleiter-
Mehrschichtstruktur 912 gebildet, die den Mittenteil hier-
von umgibt. Eine p-Typ-Ga1-xInxP- ($0 < x < 1$) Stromdiffu-
sionsschicht 96 (beispielsweise $x = 0,2$, Zn-Konzentration: 5
 $\times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $5,0 \mu\text{m}$) wird über der Halbleiter-
Mehrschichtstruktur 912 gebildet, die die Stromsperrschicht
98 bedeckt. Eine p-Seitenelektrode 911 wird auf dem Rand-
teil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 96 gebildet, die den
Mittenteil hiervon umgibt, und eine n-Seitenelektrode 910
wird auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 91
gebildet.

Bei diesem Beispiel wird die Stromsperrschicht 98 auf
dem Randteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 912 gebil-
det, die den Mittenteil hiervon umgibt, und die Stromdiffu-
sionsschicht 96 ist über der Stromsperrschicht 98 gebildet.
Bei dieser Anordnung wird ein von der p-Seitenelektrode
911 fließender Strom in den Mittenteil der Stromdiffusions-
schicht 96 konzentriert. Dies steigert weiter die Lichtausga-
bewirksamkeit über dem Mittenteil der Stromdiffusions-

schicht 96, auf dem die p-Seitenelektrode 911 nicht gebildet
ist. Da darüber hinaus die Stromsperrschicht 98 aus n-Typ-
Ga1-alnP- ($0 < a < 1$) hergestellt ist, dient sie zum Verrin-
gern der Gitterverzerrung und zum Steigern der Emissions-
wirksamkeit sowie der Zuverlässigkeit des Elementes, ähn-
lich wie die Stromdiffusionsschicht 96. Wenn tatsächlich
das Halbleiter-Lichtemissionselement eine Grün-LED mit
einer Wellenlänge von 550 nm ist, wird die Emissionswirk-
samkeit um etwa 35% gesteigert, und die Zuverlässigkeit ist
erhöht, da die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Leucht-
stärke auf eine Hälfte unter der Ansteuerung bei 20 mA
bei 60°C verringert, auf etwa das 2-7fache gesteigert ist.

In diesem Beispiel wird die Stromsperrschicht auf dem
Randteil der den Mittenteil hiervon umgebenden Halbleiter-
Mehrschichtstruktur gebildet, um einen Strom daran zu hin-
dern, zu dem Randteil des Lichtemissionsteiles zu fließen.
Alternativ kann die Halbleiter-Mehrschichtstruktur in dem
Randteil des den Mittenteil hiervon umgebenden Substrates
gebildet werden, und die Stromsperrschicht kann erzeugt
werden, um den durch die Halbleiter-Mehrschichtstruktur
umgebenen Teil zu vergraben. In diesem Beispiel ist die
Stromsperrschicht mit dem gleichen Leitfähigkeitstyp wie
demjenigen des Substrates leitend. Alternativ kann die
Stromsperrschicht aus einem isolierenden Material herge-
stellt sein. Dies gilt auch für das weiter unten zu beschrei-
bende Beispiel 9.

Beispiel 8

Im Beispiel 8 wird ein AlGaInP-Halbleiter-Lichtemissi-
onselement beschrieben, bei dem eine Stromsperrschicht
aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter, wie bei-
spielsweise (AlcGa1-c)dIn1-dP- ($0 \leq c \leq 1, 0 \leq d \leq 1$)
auf dem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur ge-
bildet ist, und die Ga1-xInxP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusions-
schicht ist über der Stromsperrschicht gebildet. Fig. 10C ist
eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionsele-
mentes von Beispiel 8.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels
ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 102 (bei-
spielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa
 $0,5 \mu\text{m}$) aufweist, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 101
angeordnet ist. Auf der Pufferschicht 102 ist eine Halbleiter-
Mehrschichtstruktur 1012 aus einer n-Typ-(Aly-
Ga1-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Überzugschicht
103 (beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times$
 10^{17} cm^{-3} , Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$), einer (Aly-
Ga1-y)zIn1-zP- ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 104
(beispielsweise $y = 0,45, z = 0,5$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) und
einer p-Typ-(AlyGa1-y)zIn1-zP ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)
Überzugschicht 105 (beispielsweise $y = 1,0, z = 0,5$, Zn-
Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$) gebil-
det.

Eine p-Typ-Ga1-rInrP- ($0 < r < 1$) Schutzschicht 109 (bei-
spielsweise $r = 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,
Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) ist auf der Halbleiter-Mehrschicht-
struktur 1012 gebildet. Eine n-Typ-(AlcGa1-c)-In1-dP- (0
 $\leq c \leq 1, 0 \leq d \leq 1$) Stromsperrschicht 108 (beispielsweise
 $c = 0,2, d = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke:
etwa $0,5 \mu\text{m}$) ist auf der Schutzschicht 109 gebildet. Eine p-
Typ-Ga1-xInxP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 106 (bei-
spielsweise $x = 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,
Dicke: etwa $5,0 \mu\text{m}$) ist über der Halbleiter-Mehrschicht-
struktur 1012 gebildet, die die Stromsperrschicht 108 über-
deckt. Eine p-Seitenelektrode 1011 ist auf dem Mittenteil
der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 106 gebildet, die der
Stromsperrschicht 108 über die Stromdiffusionsschicht 106
gegenüberliegt, und eine n-Seitenelektrode 1010 ist auf der

gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 101 gebildet.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels wird beispielsweise in der folgenden Weise hergestellt:

Zunächst werden, wie in Fig. 10A gezeigt ist, die n-Typ-GaAs-Pufferschicht 102, die n-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Überzugsschicht 103, die (Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Aktivschicht 104, die p-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Überzugsschicht 105, die p-Typ-Ga_{1-r}InP-Schutzschicht 109 und eine Schicht 108a zum Bilden der Stromsperrschicht, die aus n-Typ-(Al_cGa_{1-c})dIn_{1-d}P hergestellt ist, sequentiell auf dem n-Typ-GaAs-Substrat 101 erzeugt.

Dann wird, wie in Fig. 10B gezeigt ist, die Schicht 108a zum Bilden der Stromsperrschicht geätzt, um lediglich den Teil zurückzulassen, der auf dem Mittenteil der Schutzschicht 109 gelegen ist, damit so die Stromsperrschicht 108 gebildet wird. Bei diesem Ätzen wird ein Ätzmittel mit einer von Al abhängigen Ätzgeschwindigkeit, wie beispielsweise ein Phosphorsäure-(H₃PO₄)-Ätzmittel verwendet. Durch Verwenden eines derartigen Ätzmittels können die Schicht 108a zum Bilden der Stromsperrschicht, die aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter hergestellt ist, und die Schutzschicht 109, die aus einem Material hergestellt ist, das kein Al enthält, selektiv geätzt werden, um das Ätzen zu stoppen, wenn es die Schutzschicht 109 erreicht.

Danach wird, wie in Fig. 10C gezeigt ist, die p-Typ-Ga_{1-x}In_xP-Stromdiffusionsschicht 106 auf der sich ergebenden Struktur aufgewachsen, und die n-Seitenelektrode 1010 sowie die p-Seitenelektrode 1011 werden gebildet, um so das Halbleiter-Lichtemissionselement zu vervollständigen.

Somit ist in dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels die Stromsperrschicht 108 aus Al enthaltendem (Al_cGa_{1-c})dIn_{1-d}P ($c = 0,2$, $d = 0,5$) hergestellt. Ein selektives Ätzen ist daher zwischen der Stromsperrschicht 108 und der Ga_{1-r}InP- ($r = 0,2$) Schutzschicht 109 möglich. Dies steigert merklich die Ausbeute bei dem Fertigungsprozeß und verringert die Herstellungskosten.

Beispiel 9

Im Beispiel 9 wird ein AlGaInP-Halbleiter-Lichtemissionselement beschrieben, bei dem eine Stromsperrschicht aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter, wie beispielsweise Al_bGa_{1-b}As ($0 \leq b \leq 1$) auf dem Randteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet ist, die den Mittenteil hiervon umgibt, und die Ga_{1-x}In_xP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht wird über der Stromsperrschicht gebildet. Fig. 11 ist eine Schnittdarstellung des Halbleiter-Lichtemissionselementes von Beispiel 9.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist eine LED, die eine n-Typ-GaAs-Pufferschicht 112 (beispielsweise Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) umfaßt, die auf einem n-Typ-GaAs-Substrat 111 gebildet ist. Auf der Pufferschicht 112 wird eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1112 aus einer n-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 113 (beispielsweise $y = 1,0$, $z = 0,5$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$), einer (Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Aktivschicht 114 (beispielsweise $y = 0,4$, $z = 0,5$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) und einer p-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) Überzugsschicht 115 (beispielsweise $y = 1,0$, $z = 0,5$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $1,0 \mu\text{m}$) gebildet.

Eine p-Typ-Ga_{1-r}InP- ($0 < r < 1$) Schutzschicht 119 (beispielsweise $r = 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) wird auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1112 gebildet. Eine n-Typ-Al-Ga_{1-b}As- ($0 \leq b \leq$

1) Stromsperrschicht 118 (beispielsweise $b = 0,2$, Si-Konzentration: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $0,5 \mu\text{m}$) wird auf dem den Mittenteil hiervon umgebenden Randteil der Schutzschicht 119 gebildet. Eine p-Typ-Ga_{1-x}In_xP- ($0 < x < 1$) Stromdiffusionsschicht 116 (beispielsweise $x = 0,2$, Zn-Konzentration: $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Dicke: etwa $5,0 \mu\text{m}$) wird über der die Stromsperrschicht 118 bedeckenden Halbleiter-Mehrschichtstruktur 1112 gebildet. Eine p-Seitenelektrode 1111 wird auf dem Randteil der p-Typ-Stromdiffusionsschicht 116 gebildet, der den Mittenteil hiervon umgibt, gegenüber zu der Stromsperrschicht 118 über die Stromdiffusionsschicht 116, und eine n-Seitenelektrode 1110 wird auf der gesamten Rückfläche des n-Typ-Substrates 111 gebildet.

Das Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels wird beispielsweise in der folgenden Weise hergestellt. Zunächst werden, wie in Fig. 11A gezeigt ist, die n-Typ-GaAs-Pufferschicht 112, die n-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Überzugsschicht 113, die (Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Aktivschicht 114, die p-Typ-(Al_yGa_{1-y})ZnIn_{1-z}P-Überzugsschicht 115, die p-Typ-Ga_{1-r}InP-Schutzschicht 119 und eine Schicht 118a zum Bilden der Stromsperrschicht, hergestellt aus n-Typ-Al-Ga_{1-b}As, sequentiell auf dem n-Typ-GaAs-Substrat 111 erzeugt.

Dann wird, wie in Fig. 11B gezeigt ist, die Schicht 118a zum Bilden der Stromsperrschicht geätzt, um lediglich den auf dem Randteil der Schutzschicht 119, der den Mittenteil hiervon umgibt, gelegenen Teil zurückzulassen, damit die Stromsperrschicht 118 gebildet wird. Bei diesem Ätzen wird ein Ätzmittel mit einer von Al abhängigen Ätzgeschwindigkeit, wie beispielsweise ein Phosphorsäure-(H₃PO₄)-Ätzmittel verwendet. Unter Verwendung eines derartigen Ätzmittels können die Schicht 118a zum Erzeugen der Stromsperrschicht, die aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter hergestellt ist, und die Schutzschicht 119, die aus einem Material hergestellt ist, das kein Al enthält, selektiv geätzt werden, um das Ätzen zu stoppen, wenn es die Schutzschicht 119 erreicht.

Danach wird, wie in Fig. 11C gezeigt ist, die p-Typ-Ga_{1-x}In_xP-Stromdiffusionsschicht 116 auf der sich ergebenden Struktur aufgewachsen, und die n-Seitenelektrode 1110 sowie die p-Seitenelektrode 1111 werden gebildet, um das Halbleiter-Lichtemissionselement zu vervollständigen.

In dem Halbleiter-Lichtemissionselement dieses Beispiels ist die Stromsperrschicht 118 aus einem Al enthaltenden Al_bGa_{1-b}As ($b = 0,2$) hergestellt. Ein selektives Ätzen ist daher möglich zwischen der Al enthaltenden Stromsperrschicht 118 und der Ga_{1-r}InP- ($r = 0,2$) Schutzschicht 119, die kein Al enthält. Dies steigert merklich die Ausbeute in dem Fertigungsprozeß und reduziert die Herstellungskosten.

Wie oben beschrieben ist, kann erfindungsgemäß die Gitterverzerrung in der Stromdiffusionsschicht vermindert werden. Dies reduziert nicht nur die Erzeugung von Kristalldefekten in der Stromdiffusionsschicht selbst, sondern verhindert auch die Erzeugung von Kristalldefekten in dem Lichtemissionsteil der Aktivschicht und dergleichen. Als ein Ergebnis sind die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit merklich gesteigert.

Durch Einstellen des In-Molenbruches der Stromdiffusionsschicht auf $0 < x < 0,49$ kann das von der GaInP-Schicht oder der AlGaInP-Schicht emittierte Licht durch die Stromdiffusionsschicht verlaufen, ohne absorbiert zu werden. Auch ist die Erzeugung von Kristalldefekten in der Stromdiffusionsschicht reduziert. Als Ergebnis sind die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit weiter erhöht.

Durch Einstellen des In-Molenbruches der Stromdiffusionsschicht auf $0 < x < 0,27$ wird Licht in der Stromdiffusionsschicht nicht absorbiert, und die Kristallinität der Stromdiffusionsschicht ist gesteigert. Als ein Ergebnis sind die

Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit weiter erhöht.

Die Gitterverzerrung wird graduell entlastet, indem graduell der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht in der Dickenrichtung verändert wird. Dies reduziert weiter die Gitterverzerrung, und somit steigen die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit an.

Durch Einstellen des graduell veränderten In-Molenbruches x der Stromdiffusionsschicht auf $0 < x < 0,49$ kann das von der GaInP-Schicht oder der AlGaInP-Schicht emittierte Licht durch die Stromdiffusionsschicht verlaufen, ohne absorbiert zu werden. Auch ist die Erzeugung von Kristalldefekten vermindert. Als ein Ergebnis steigen die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit weiter an.

Durch Einstellen des graduell veränderten In-Molenbruches der Stromdiffusionsschicht auf $0 < x < 0,27$ wird Licht nicht in der Stromdiffusionsschicht absorbiert, und die Kristallinität der Stromdiffusionsschicht steigt an. Als ein Ergebnis sind die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit weiter verbessert.

Durch Verwenden der obigen Stromdiffusionsschicht für das Halbleiter-Lichtemissionselement einschließlich des Lichtemissionsteiles, der aus $(\text{AlyGa}1-y)\text{Zn}1-z\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$), $\text{AlpGa}1-p\text{As}$ ($0 \leq p \leq 1$), $\text{InqGa}1-q\text{As}$ ($0 \leq q \leq 1$) oder dergleichen hergestellt ist, kann verhindert werden, daß der Lichtemissionsteil Kristalldefekte erzeugt. Dies steigert die Emissionswirksamkeit des Elementes.

Indem die Stromsperrschicht so gebildet wird, daß sie der Elektrode über die Stromdiffusionsschicht gegenüberliegt, wird ein Strom wirksam zu dem Teil der Stromdiffusionsschicht geleitet, wo die Stromsperrschicht nicht darunter gebildet ist. Dies steigert die Emissionswirksamkeit und auch die Lichtausgabewirksamkeit über den Teil der Stromdiffusionsschicht, auf dem die Elektrode nicht gebildet ist.

Beispielsweise kann die Elektrode auf dem Mittenteil der Stromdiffusionsschicht gebildet werden, und die Stromsperrschicht kann erzeugt werden, indem sie der Elektrode über die Stromdiffusionsschicht gegenüberliegt. In diesem Fall steigt die Lichtausgabewirksamkeit über dem Randteil der Stromdiffusionsschicht an, auf dem die Elektrode nicht gebildet ist.

Alternativ kann die Elektrode auf dem den Mittenteil hiervon umgebenden Randteil der Stromdiffusionsschicht gebildet werden, und die Stromsperrschicht kann gebildet werden, indem sie der Elektrode über die Stromdiffusionsschicht gegenüberliegt. In diesem Fall ist die Lichtausgabewirksamkeit über den Mittenteil der Stromdiffusionsschicht, auf dem Elektrode nicht gebildet ist, erhöht.

Durch Verwenden von $\text{Ga}1-a\text{In}a\text{P}$ ($0 < a < 1$) für die Stromsperrschicht ist die Gitterverzerrung in der Stromsperrschicht vermindert. Dies steigert die Emissionswirksamkeit und die Zuverlässigkeit des Elementes.

Durch Verwenden eines Al enthaltenden Verbindungshalbleiters, wie beispielsweise $\text{Alb-Ga}1-b\text{As}$ ($0 \leq b \leq 1$) und $(\text{AlcGa}1-c)\text{dIn}1-d\text{P}$ ($0 \leq c \leq 1, 0 \leq d \leq 1$) für die Stromsperrschicht kann die Stromsperrschicht an einer gewünschten Stelle durch selektives Ätzen erzeugt werden. Dies erhöht merklich die Ausbeute in dem Fertigungsprozeß und reduziert die Herstellungskosten.

Patentansprüche

1. Halbleiter-Lichtemissionselement, umfassend: ein Substrat (1), eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) mit wenigstens einer ersten Überzugschicht (3) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht (4) und einer zweiten Überzugschicht (5) eines zweiten Leitfähigkeits-

typs, die in dieser Reihenfolge auf dem Substrat (1) gebildet sind, und

eine Stromdiffusionsschicht (6) aus einem $\text{Ga}1-x\text{In}x\text{P}$ ($0 < x < 1$) enthaltenden Material des zweiten Leitfähigkeitstyps, das auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) vorgesehen ist.

2. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht (6) in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,49$ liegt.

3. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht (6) in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,27$ liegt.

4. Halbleiter-Lichtemissionselement, umfassend: ein Substrat (21), eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur (212) mit wenigstens einer ersten Überzugschicht (23) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht (24) und einer zweiten Überzugschicht (25) eines zweiten Leitfähigkeitstyps, die in dieser Reihenfolge auf dem Substrat (21) gebildet sind, und

eine Stromdiffusionsschicht (26) aus einem $\text{Ga}1-x\text{In}x\text{P}$ ($0 < x < 1$) enthaltenden Material des zweiten Leitfähigkeitstyps, das auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur (212) gebildet ist, wobei sich der In-Molenbruch x der Stromdiffusionsschicht (26) in einer Dickenrichtung verändert.

5. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die veränderten In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht (26) in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,49$ liegen.

6. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die veränderten In-Molenbrüche x der Stromdiffusionsschicht (26) in dem Bereich von etwa $0 < x < 0,27$ liegen.

7. Halbleiter-Lichtemissionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivschicht (4, 24) aus $(\text{AlyGa}1-y)\text{Zn}1-z\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$), $(\text{AlpGa}1-p)\text{ZAs}$ ($0 \leq p \leq 1$) oder $\text{InqGa}1-q\text{As}$ ($0 \leq q \leq 1$) hergestellt ist.

8. Halbleiter-Lichtemissionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Paar von Elektroden vorgesehen sind, wobei das Substrat (1), der Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) und die Stromdiffusionsschicht (6) dazwischen gelegen sind, und daß eine Stromsperrschicht so angeordnet ist, daß sie einer der Elektroden gegenüberliegt, die auf der Seite der Stromdiffusionsschicht gelegen ist, wobei die Stromdiffusionsschicht zwischen der einen Elektrode und der Stromsperrschicht angeordnet ist.

9. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Paar von Elektroden vorgesehen sind, wobei das Substrat, die Halbleiter-Mehrschichtstruktur und die Stromdiffusionsschicht dazwischen angeordnet sind, und daß eine Stromsperrschicht so vorgesehen ist, daß sie einer der Elektroden gegenüberliegt, die auf der Seite der Stromdiffusionsschicht gelegen ist, wobei die Stromdiffusionsschicht zwischen der einen Elektrode und der Stromsperrschicht angeordnet ist.

10. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode auf der Seite der Stromdiffusionsschicht auf einem Mittenteil der Stromdiffusionsschicht gebildet ist, um Licht über einen Randteil der Stromdiffusionsschicht auszugeben.

11. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode auf der

Seite der Stromdiffusionsschicht auf einem einen Mittenteil hiervon umgebenden Randteil der Stromdiffusionsschicht gebildet ist, um Licht über den Mittenteil der Stromdiffusionsschicht auszugeben.

12. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromsperrschicht aus einem $\text{Ga}_{1-a}\text{In}_a\text{P}$ ($0 < a < 1$) enthaltenden Material hergestellt ist.

13. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromsperrschicht aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter hergestellt ist.

14. Halbleiter-Lichtemissionselement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromsperrschicht aus $\text{AlbGa}_{1-b}\text{As}$ ($0 \leq b \leq 1$) oder $(\text{AlcGa}_{1-c})\text{dIn}_{1-d}\text{P}$ ($0 \leq c \leq 1, 0 \leq d \leq 1$) hergestellt ist.

15. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes umfassend: ein Substrat (1), eine Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) mit wenigstens einer ersten Überzugschicht (3) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer Aktivschicht (4) und einer zweiten Überzugschicht (5) eines zweiten Leitfähigkeitstyps, die in dieser Reihenfolge auf dem Substrat (1) gebildet sind, eine Stromsperrschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, die auf einem Teil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur (12) gebildet ist, einer Stromdiffusionsschicht, die aus einem $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ ($0 < x < 1$) enthaltenden Material eines zweiten Leitfähigkeitstyps hergestellt ist, das auf der die Stromsperrschicht bedeckenden Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet ist, und ein Paar von Elektroden, von denen eine auf der Stromdiffusionsschicht gebildet ist, um der Stromsperrschicht über die Stromdiffusionsschicht gegenüberzuliegen und von denen die andere Elektrode auf einer Oberfläche des Substrates gebildet ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Erzeugen der Halbleiter-Mehrschichtstruktur auf dem Substrat und Bilden einer Schutzschicht aus einem Material, das kein Al enthält, und einer Schicht zum Erzeugen der Stromsperrschicht aus einem Al enthaltenden Verbindungshalbleiter auf der Halbleiter-Mehrschichtstruktur, und

Bilden der Stromsperrschicht auf einem Teil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur durch selektives Ätzen der Schicht zum Erzeugen der Stromsperrschicht.

16. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ätzens der Schicht zum Bilden der Stromsperrschicht so durchgeführt wird, daß die Stromsperrschicht auf einem Mittenteil der Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet wird.

17. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt zum Ätzen der Schicht zum Bilden der Stromsperrschicht so durchgeführt wird, daß die Stromsperrschicht auf einem Randteil der einen Mittenteil hiervon umgebenden Halbleiter-Mehrschichtstruktur gebildet wird.

18. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Lichtemissionselementes nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine $\text{AlbGa}_{1-b}\text{As}$ ($0 \leq b \leq 1$) Schicht oder eine $(\text{AlcGa}_{1-c})\text{dIn}_{1-d}\text{P}$ ($0 \leq c \leq 1, 0 \leq d \leq 1$) Schicht als die Stromsperrschicht verwendet wird.

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1

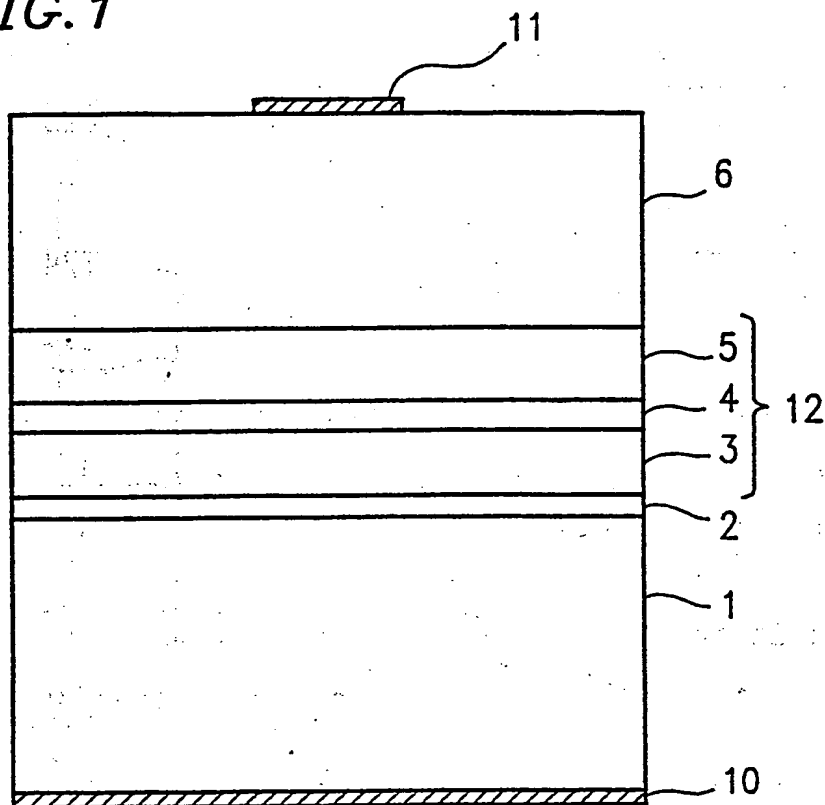


FIG. 2

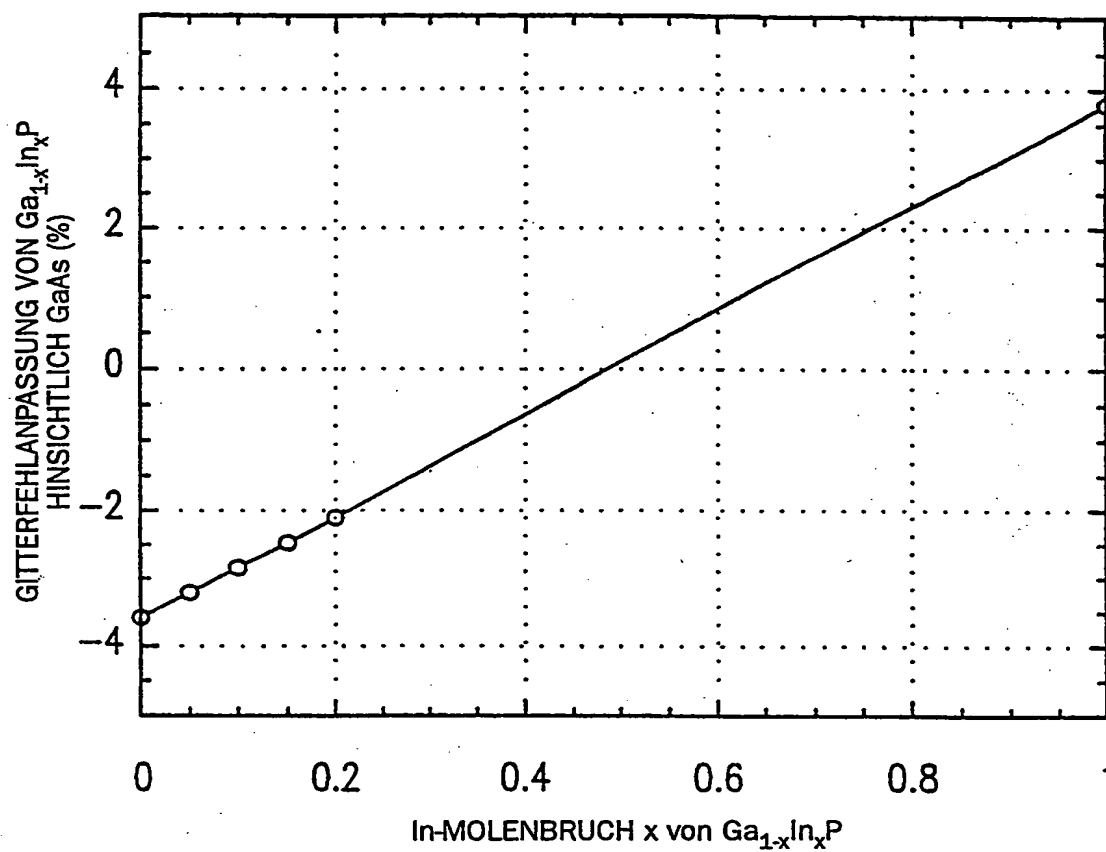


FIG. 3

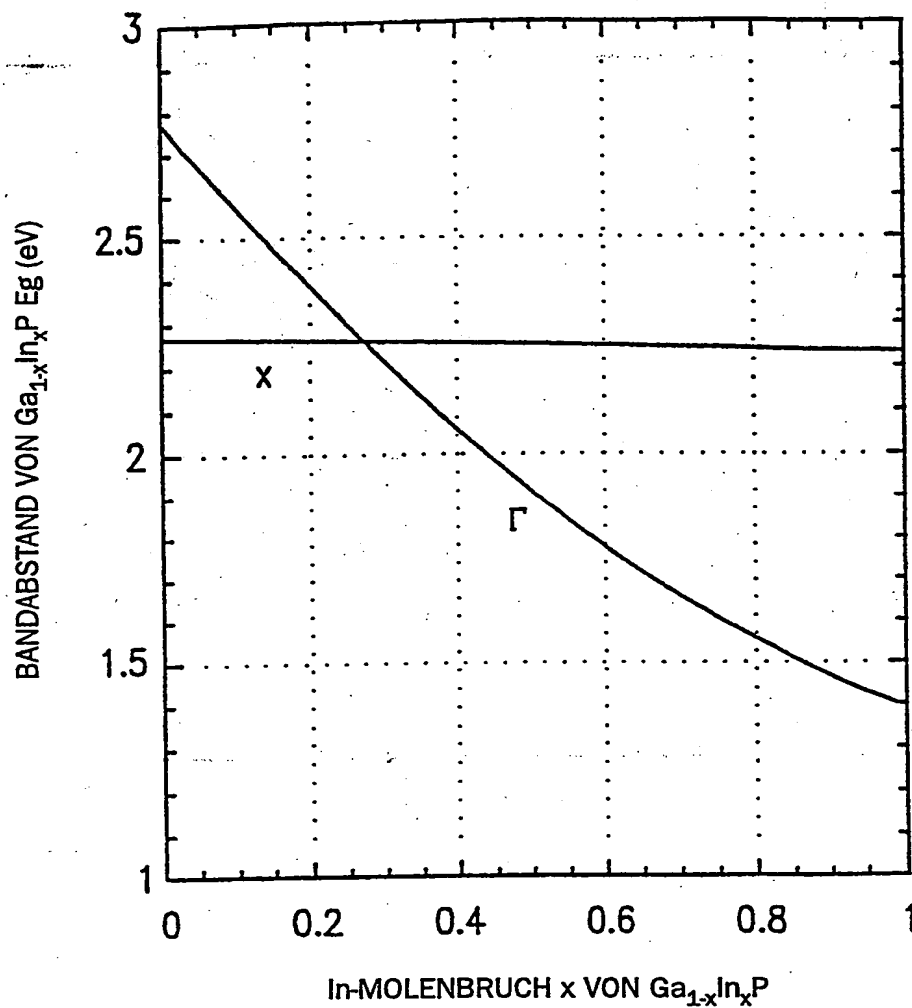


FIG. 4

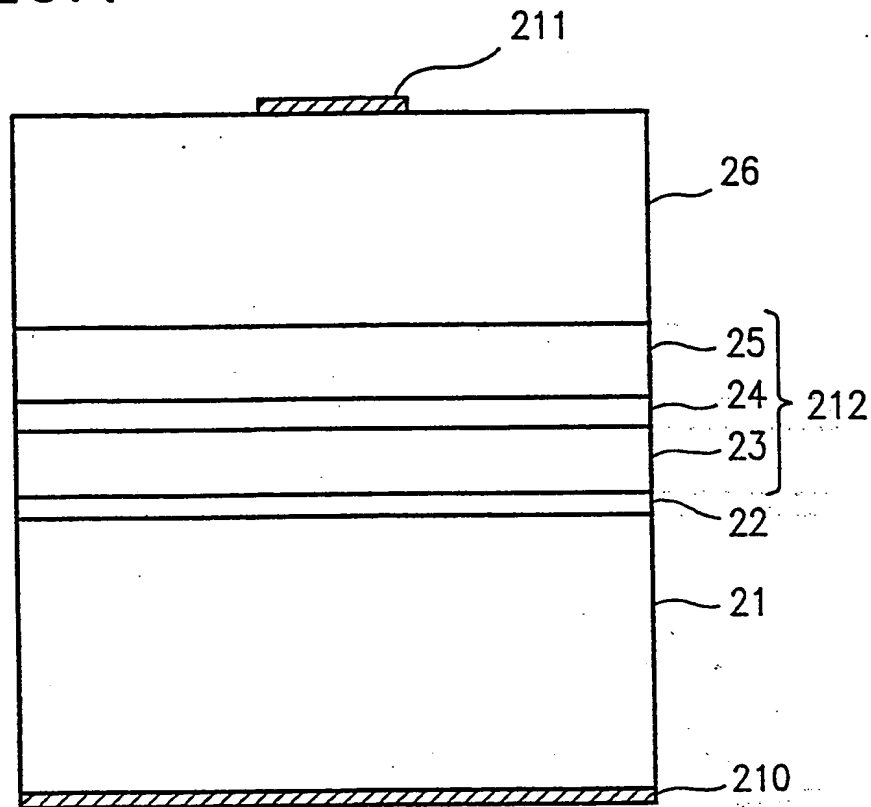


FIG. 5

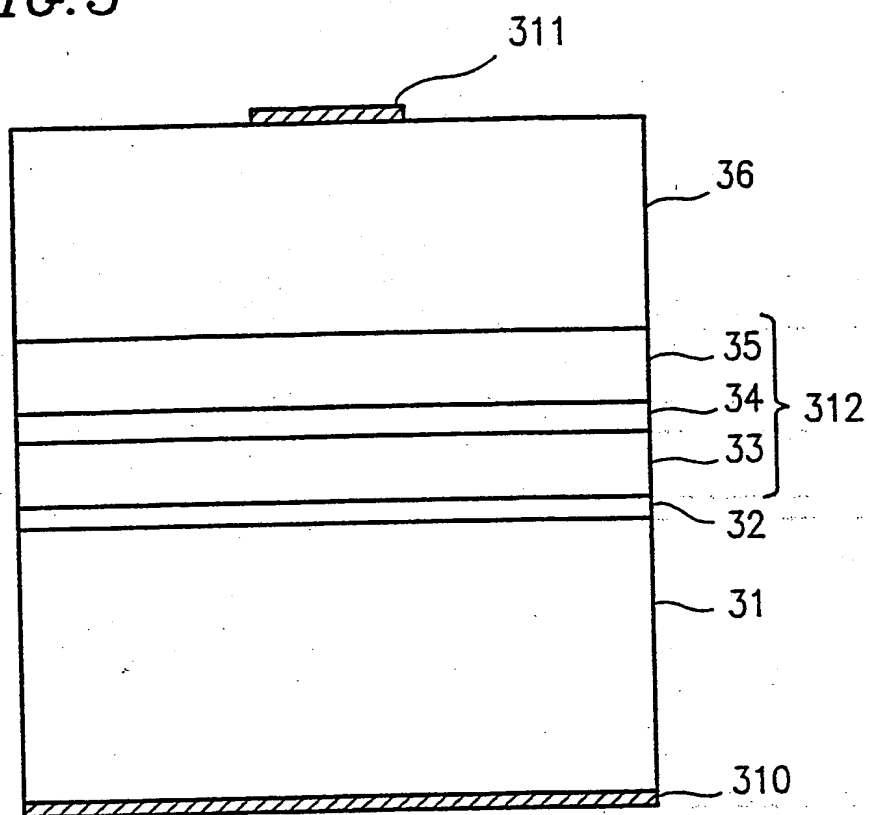


FIG. 6

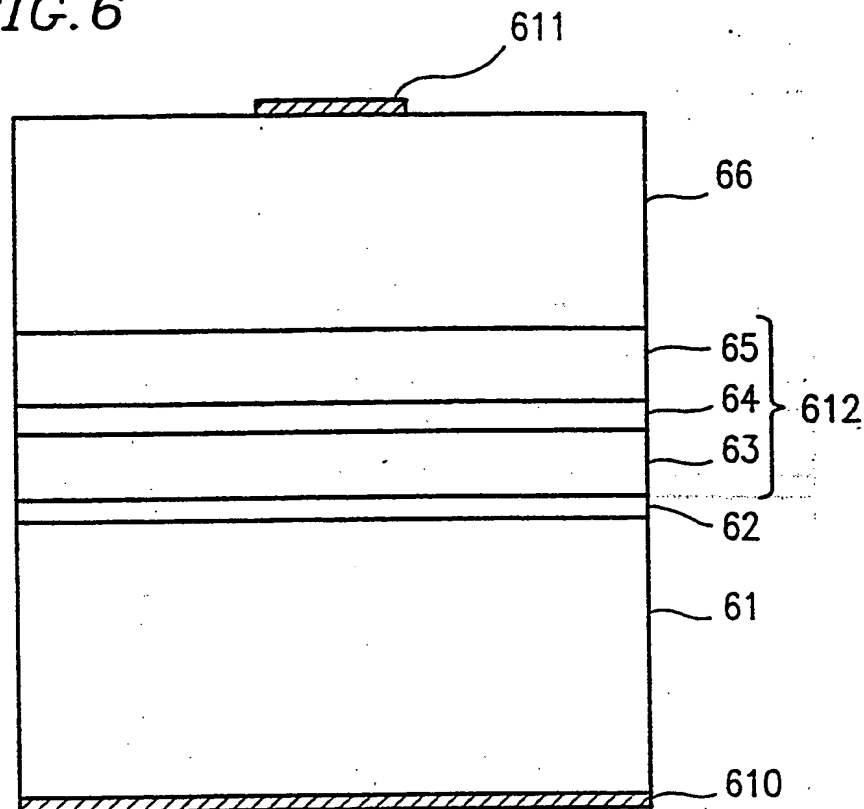


FIG. 7

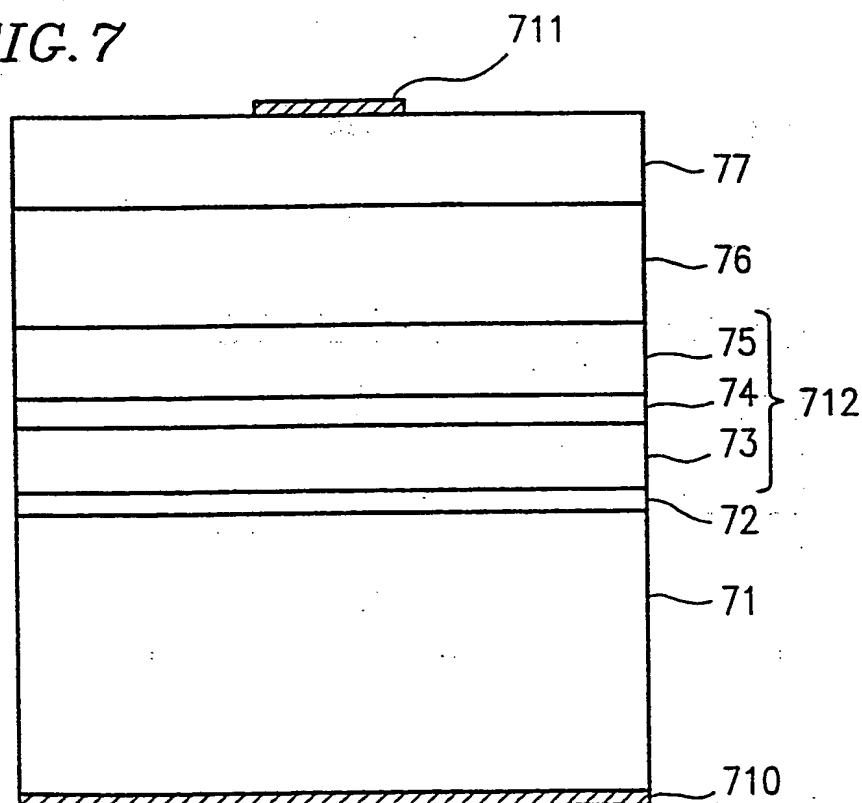


FIG. 8

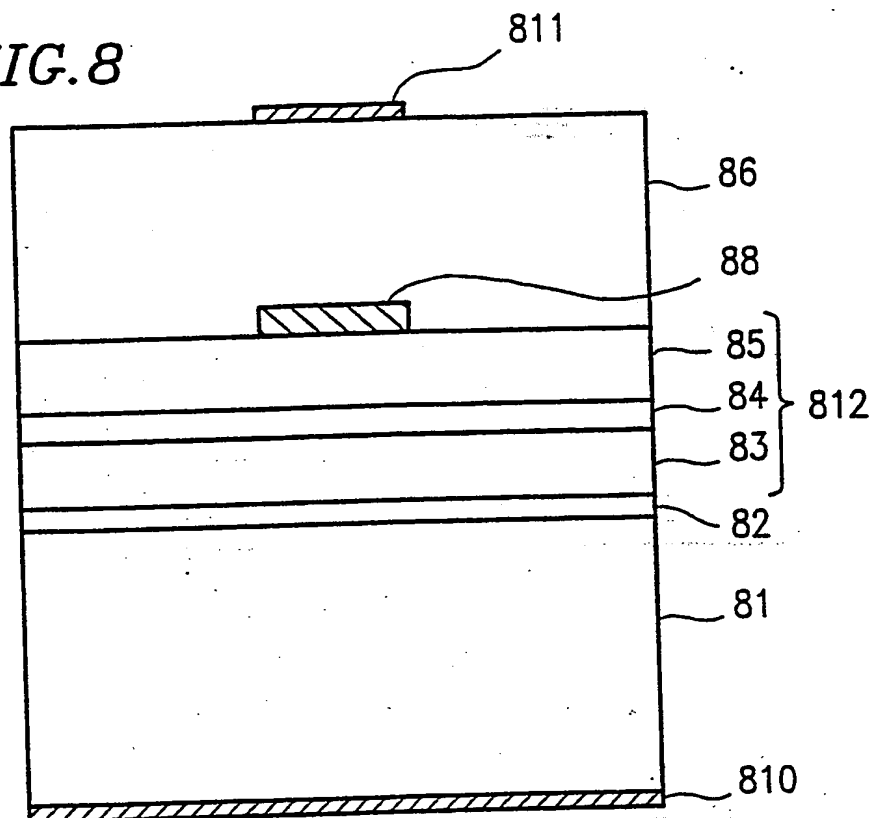


FIG. 9

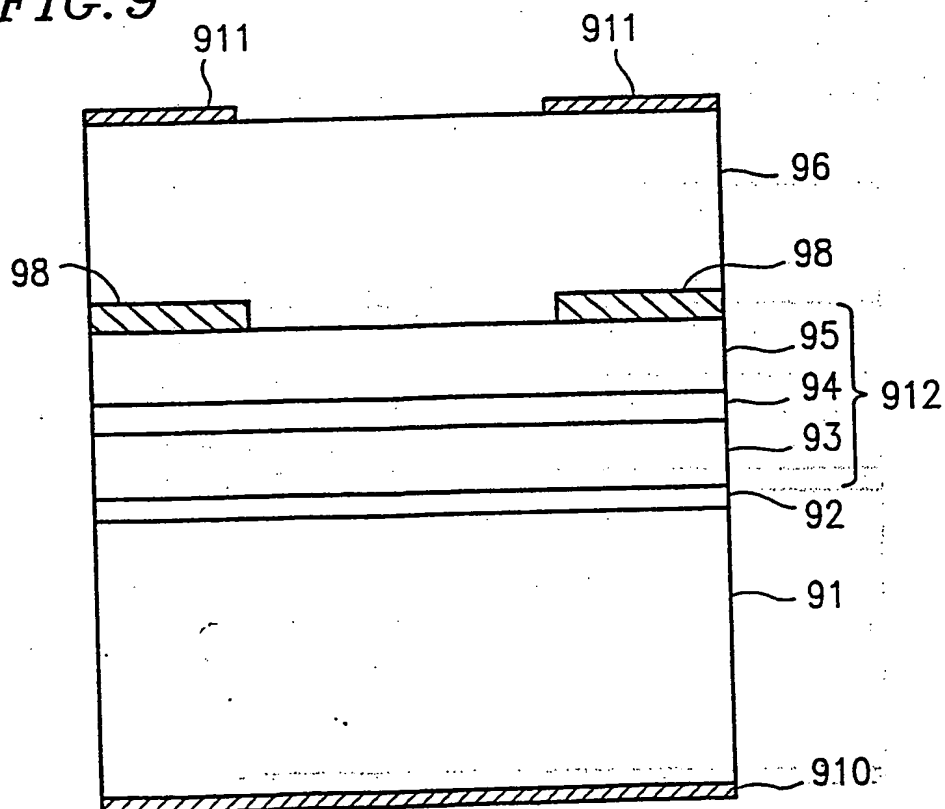


FIG. 10A

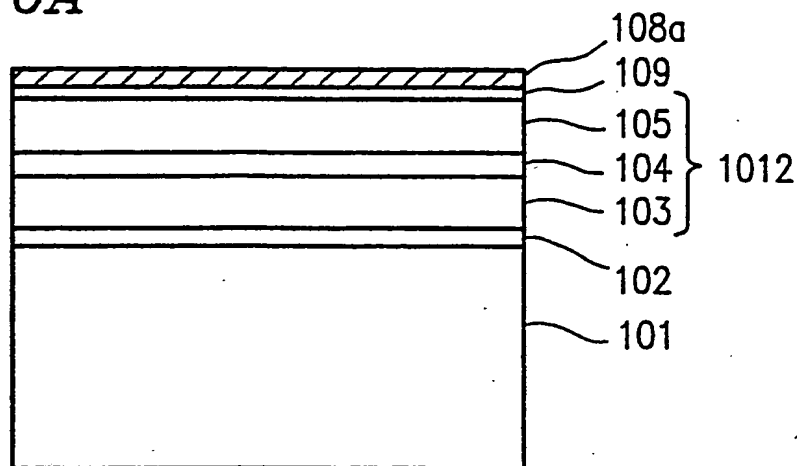


FIG. 10B

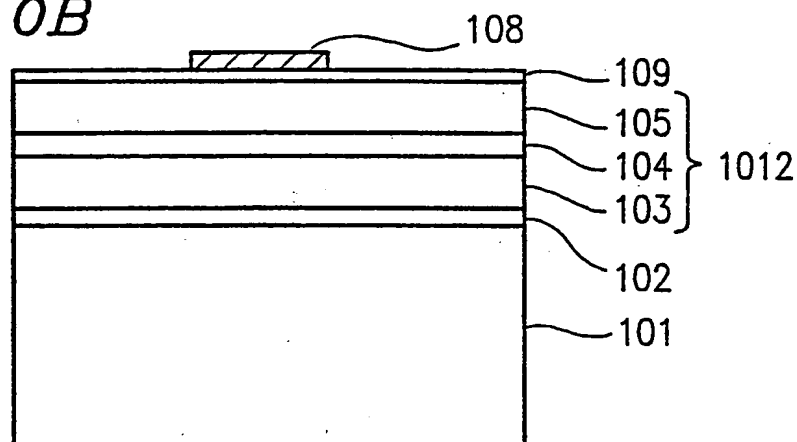


FIG. 10C

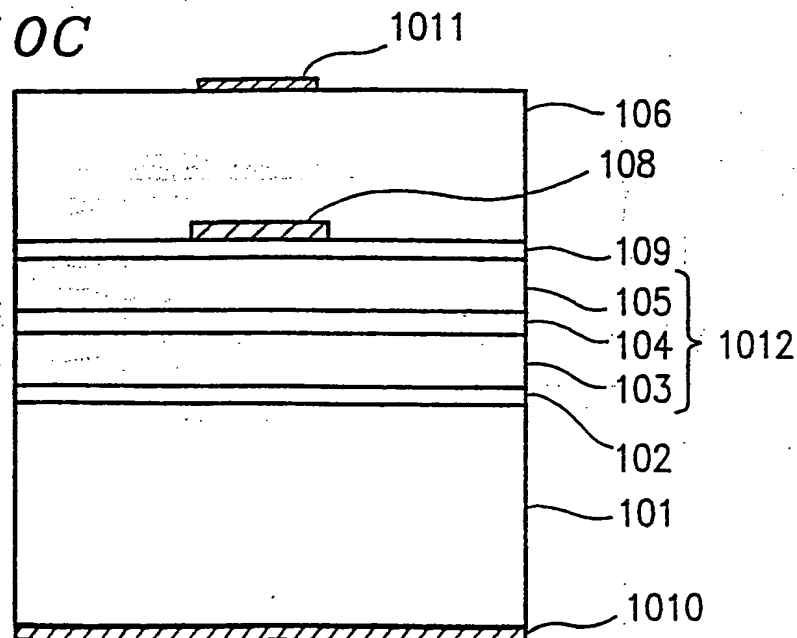


FIG. 11A

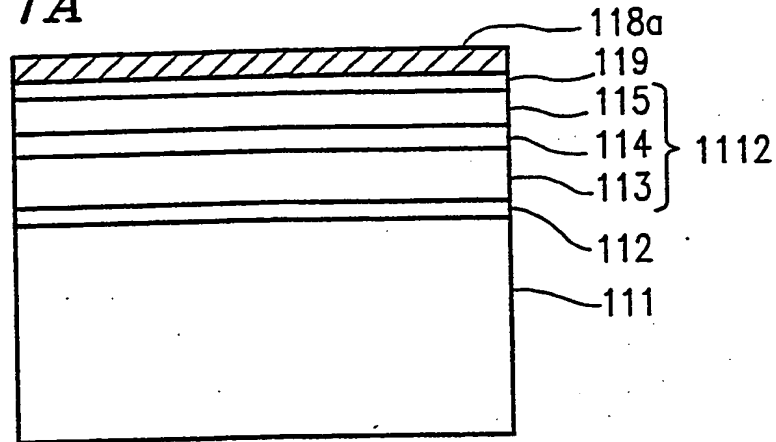


FIG. 11B

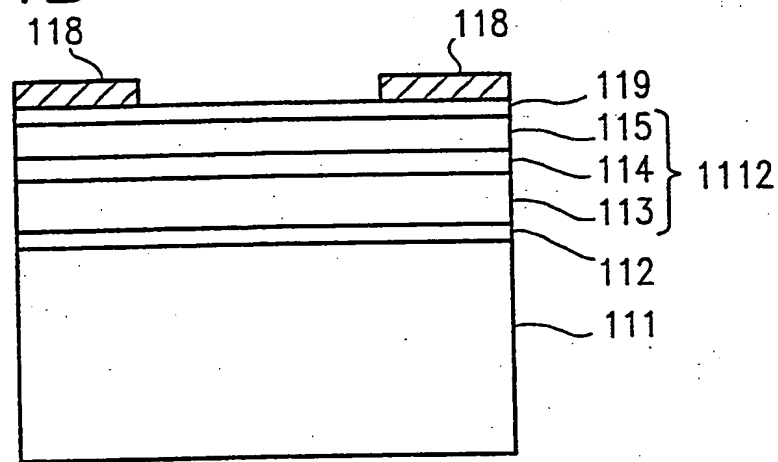


FIG. 11C

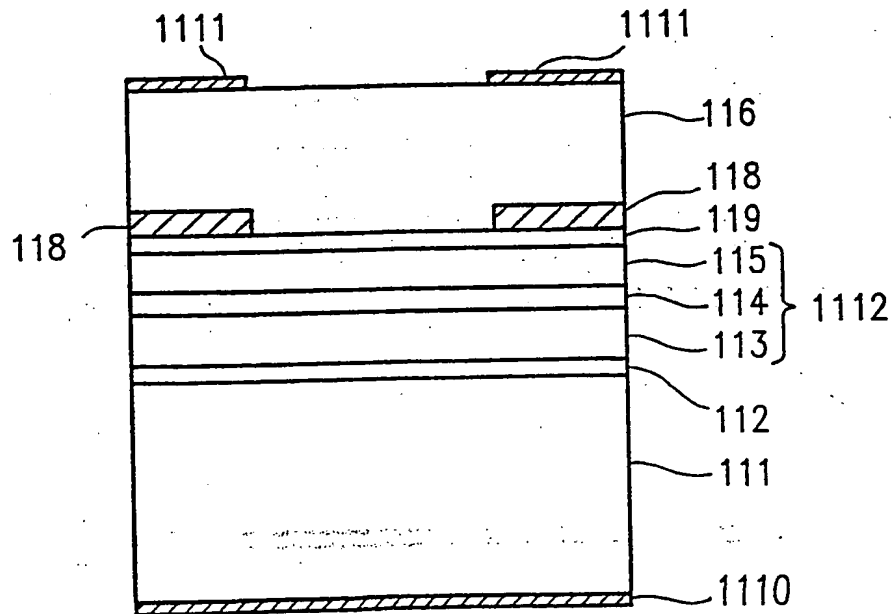
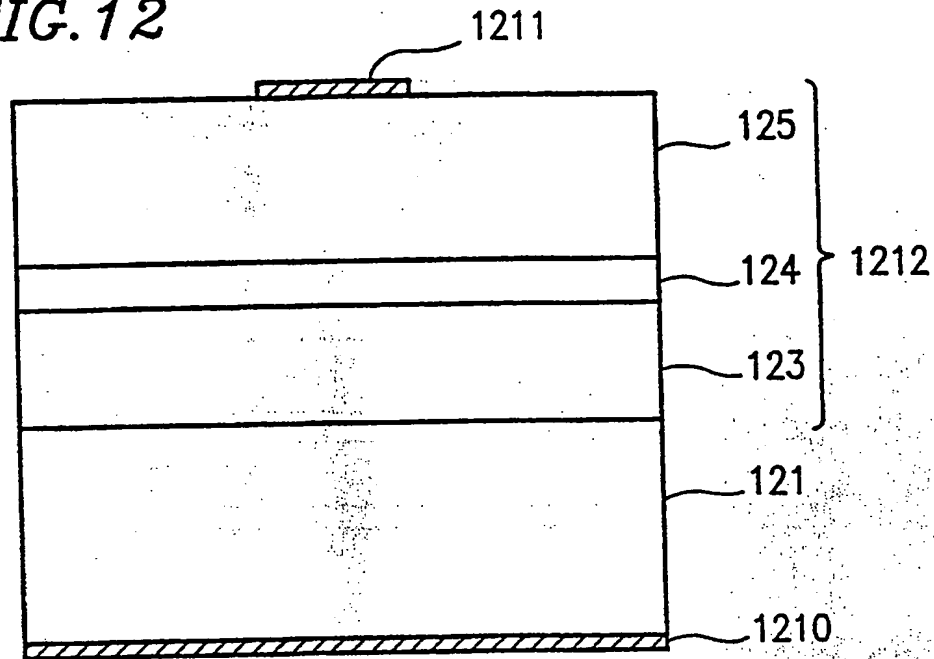
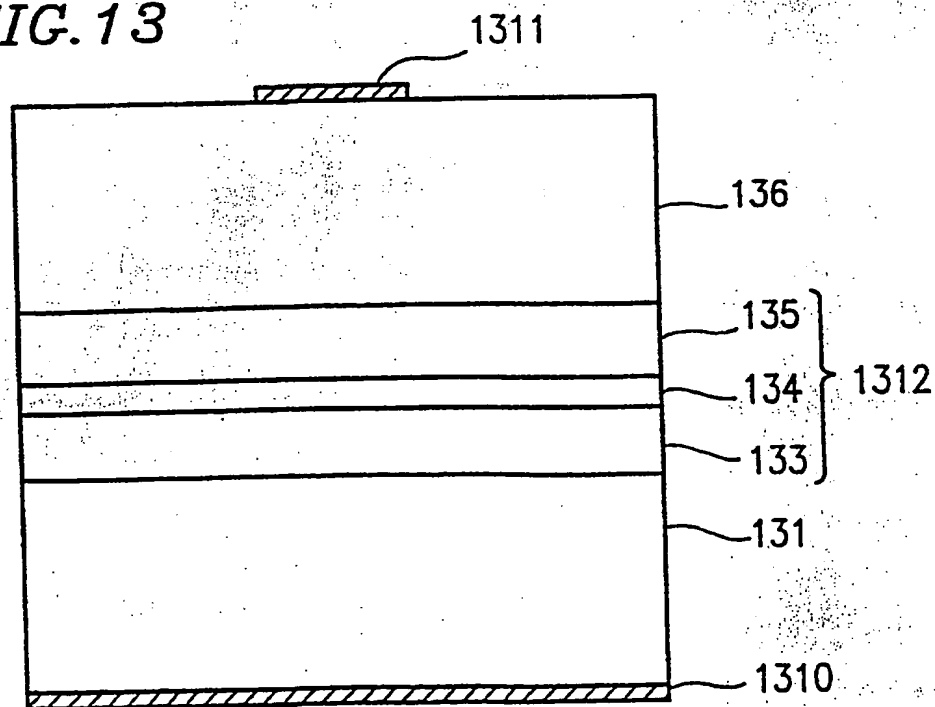


FIG. 12



STAND DER TECHNIK

FIG. 13



STAND DER TECHNIK